

U.T. 2 Planificación de Proyectos

En el tema anterior hemos visto que es determinante una buena planificación del proyecto, ya que de no realizarse ésta, nunca sabremos el tiempo que resta para la finalización ni el coste estimado de producción.

En este capítulo vamos a trabajar con dos herramientas para desarrollar la planificación de un proyecto que son:

- o Método PERT para determinar la duración de un proyecto.
- o Diagramas de Gannt para determinar el numero de operarios necesarios.

Para abordar la planificación de un proyecto debemos establecer la duración de cada una de las actividades en las que se puede dividir el proceso de diseño y fabricación del equipo, para ello es necesario saber qué otros proyectos está abordando la empresa y conocer así la disponibilidad de recursos.

Prelación entre las actividades, esto es, definir qué actividades tienen que estar finalizadas para que se pueda empezar otra.

1. Definición de actividades

Para llevar a cabo tanto la planificación como la programación de un proyecto es necesario definir las actividades que lo componen, aunque se debe llegar a un compromiso entre el nivel de precisión o desglose de cada una de las fases del proyecto y la utilidad de la información que aporta, ya que de no ser así podemos encontrar con un volumen de información excesivo que haga inoperativo el sistema de planificación.

Generalmente un proyecto se suele descomponer en unidades de trabajo perfectamente identificadas y controlables, esto es, que tengan un principio y fin definidos y unos hitos asignados.

Un procedimiento para obtener las tareas de un proyecto es desarrollar una estructura de tipo WBS (*Workink Breakdown Structure*: Estructura de trabajo desglosada) en la que el proyecto se desglosa por niveles en subproyectos sucesivos hasta llegar a tareas elementales.

Por ejemplo supongamos que se nos ha encargado el desarrollo del control de temperatura de un invernadero mediante un sistema digital basado en un microcontrolador.

Podremos dividir el proyecto en cinco subproyectos según se muestra en la figura 12.1.

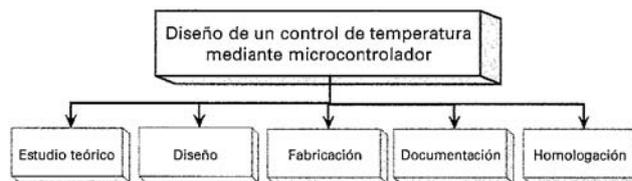


Figura 12.1. Obtención de las tareas en las que se puede dividir un proyecto mediante una estructura WBS.

A continuación dividiremos cada subproyecto en tareas, las cuales a su vez se podrán dividir como se muestra en las siguientes figuras.

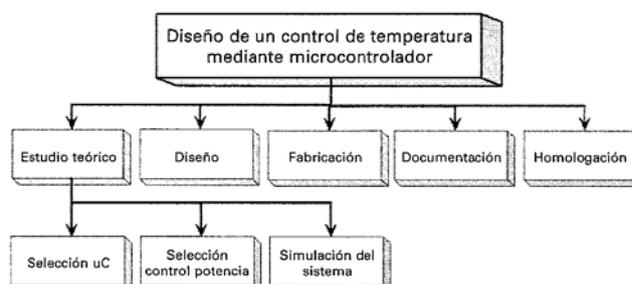


Figura 12.2. Obtención de las tareas en las que se puede dividir un subproyecto (I).

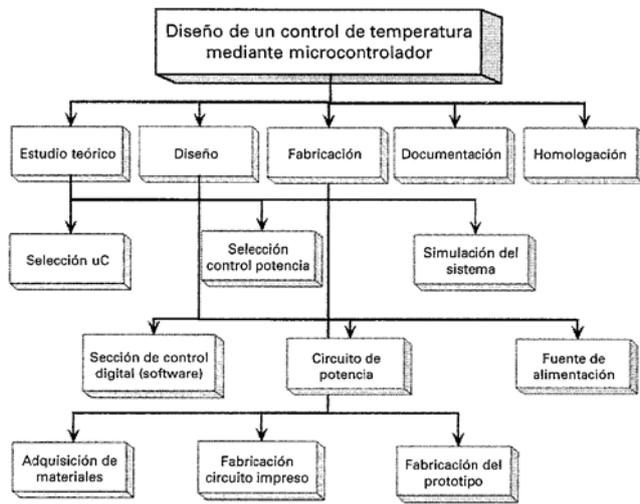


Figura 12.3. Obtención de las tareas en las que se puede dividir un subproyecto (II).

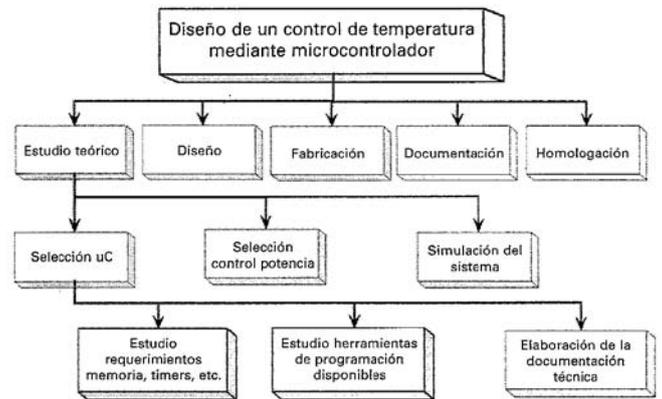


Figura 12.4. División de las tareas en actividades.

2. Prelación de actividades

Una vez definidas las actividades que constituyen el proyecto, el siguiente paso será determinar la prelación de actividades, esto es, qué actividad o actividades deben estar finalizadas para que se pueda empezar otra.

Este tipo de análisis se debe efectuar con el mayor detenimiento ya que de su exactitud dependerá la planificación del proyecto. Para ello nos debemos efectuar las siguientes preguntas:

- ❖ ¿Qué actividades preceden a la actividad objeto de estudio?
- ❖ ¿Qué actividades se pueden iniciar una vez finalizada la actividad objeto de estudio?
- ❖ ¿Qué trabajos no dependen de la actividad estudiada y por tanto se pueden realizar simultáneamente?

Para facilitar el análisis se suele desarrollar un gráfico en el que se muestran las prelações entre actividades.

Supongamos que se va a desarrollar un equipo electrónico cualquiera y se ha determinado que el proyecto se podría dividir en las siguientes actividades:

- A. Departamento I+D elabora esquemas del diseño.
- B. Realización de la simulación del diseño.
- C. Diseño de la placa de circuito impreso.
- D. Adquisición de materiales.
- E. Obtención del circuito impreso, (taladro, mecanizado, etc.).
- F. Control de calidad de los materiales adquiridos.
- G. Montaje del prototipo.
- H. Pruebas funcionales del prototipo.
- I. Generación de la documentación técnica.
- J. Ensayos de compatibilidad electromagnética, etc.
- K. Adquisición materiales para producción serie.
- L. Producción y control de calidad.
- M. Almacenamiento.

Los siguientes pasos serán:

- ❖ Establecer la duración de cada actividad, siendo necesario determinar qué otros proyectos está abordando la empresa y saber así la disponibilidad de recursos, ya que este factor puede alargar la duración propia de una actividad.
- ❖ Prelación entre las actividades, esto es, definir qué actividades tienen que estar finalizadas para que pueda iniciarse otra.

En todo proceso debe existir una operación anterior y otra posterior a la que estemos estudiando, exceptuando la actividad principio y la actividad final que serán actividades ficticias con duración cero.

En la figura 12.5 se presenta la tabla en la que se muestra la asignación de duraciones y orden de prelación de actividades para el proceso anterior.

ACTIVIDAD	DURACIÓN (días)	ACTIVIDAD PRECEDENTE	COMENTARIO
Inicio	0		
A. Departamento I+D elabora esquemas del diseño.	15	Inicio	
B. Realización de la simulación del diseño.	2	A	
C. Diseño de la placa de circuito impreso.	1	A, B	Para diseñar la placa se estima necesario que la simulación del dispositivo esté finalizada, además de disponer de los esquemas eléctricos.
D. Adquisición de materiales.	2	B	
E. Obtención del circuito impreso (taladrado, mecanizado, etc.).	2	C, D	Para obtener el circuito impreso es necesario disponer de su diseño así como de los materiales necesarios.
F. Control de calidad de los materiales adquiridos.	1	D	
G. Montaje del prototipo.	1	E, F	Para el montaje del prototipo es imprescindible la obtención del circuito impreso y la realización de un pequeño control de la calidad sobre alguno de los componentes adquiridos (semiconductores, etc.).
H. Pruebas funcionales del prototipo.	2	G	
I. Generación de la documentación técnica.	3	H, J	Para generar la documentación técnica es necesario que el prototipo funcione correctamente y haya pasado los ensayos de compatibilidad electromagnética, etc.
J. Ensayos de compatibilidad electromagnética, etc.	2	H	
K. Adquisición materiales para producción serie.	5	J	
L. Producción y control de calidad.	5	I, K	Para iniciar la producción en serie se precisa disponer de la documentación técnica del proceso de fabricación y de los elementos necesarios.
M. Almacenamiento.	1	L	
Fin	0	M	

Figura 12.5. Duración de las actividades y orden de prelación entre ellas.

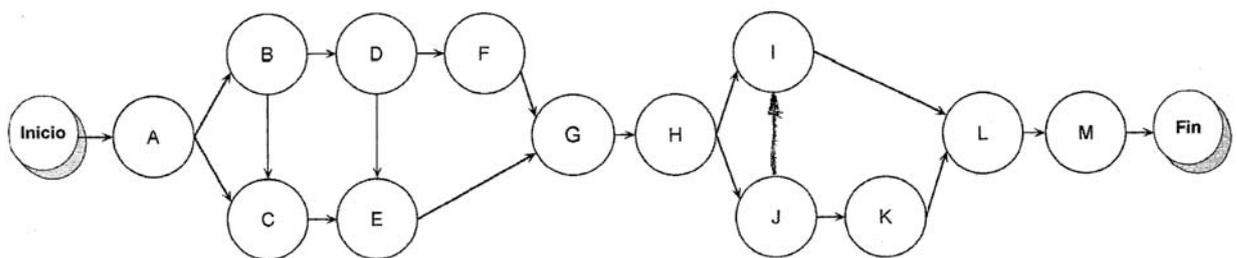


Figura 12.6. Representación del proyecto del apartado 12.2 mediante el método PERT.

3. Planificación de tiempos

Para establecer los tiempos de cada una de las actividades del proyecto es necesario conocer la duración de la actividad en el caso más favorable (todos los recursos disponibles de la empresa se dedican a ella) y la estimación real (se determina teniendo presente las cargas existentes en cada máquina y operarios que se van a emplear).

Por tanto, es conveniente disponer de una base de datos en la que vayamos almacenando los tiempos de realización de los proyectos que vamos finalizando para tener referencias de cara a nuevas planificaciones. Una vez disponemos de esta información podemos emplear alguna de las técnicas que veremos a continuación.

3.1. Planificación del tiempo de desarrollo de un proyecto basada en el método PERT

El método PERT para obtener el tiempo de desarrollo de un proyecto es un método gráfico que se puede representar de dos formas:

- Método arcos-tareas. La actividad se representa por una flecha, mientras las relaciones entre ellas se asignan mediante nudos. Es el más adecuado para implementar la planificación mediante ordenador.
- Método nudos-tareas. La actividad se representa por una casilla, las relaciones entre ellas se asignan mediante flechas. Es el más adecuado para desarrollar la planificación manualmente.

Las normas para su desarrollo son:

- No pueden existir bucles. Ya que de otro modo para comenzar una actividad es necesario que haya finalizado otra actividad que a su vez depende de la finalización de la primera.
- En el proyecto, será una actividad elemental aquella que no sea solapable con las siguientes.
- Si una actividad no tiene precedente "inventaremos" una nueva actividad que se denominará *inicio* y la asignaremos como anterior. Si una actividad no tiene siguiente "inventaremos" una nueva actividad que se denominará *final* y la asignaremos como posterior.

En la figura 12.6 se muestra la representación mediante un PERT del proyecto del apartado 12.2 empleando el método de representación nudos-tareas.

El siguiente paso es comenzar a introducir datos en el grafo obtenido, por lo que dividiremos cada círculo en cuatro sectores en los que colocaremos la siguiente información:

- En la parte superior indicaremos el código de la actividad.
- En los arcos introduciremos la duración de la actividad. En la parte izquierda introduciremos la fecha mínima de inicio del acontecimiento (se obtiene en función de la duración de las actividades precedentes).
- En la parte derecha la fecha máxima de comienzo del acontecimiento (fecha en la que podría comenzar la actividad sin afectar a la duración global del proyecto).
- Por último en la parte inferior situaremos la holgura (diferencia entre la fecha máxima de comienzo del acontecimiento y la mínima).

En la figura 12.7 se muestra el PERT anterior en el que se han incluido las duraciones de cada actividad.

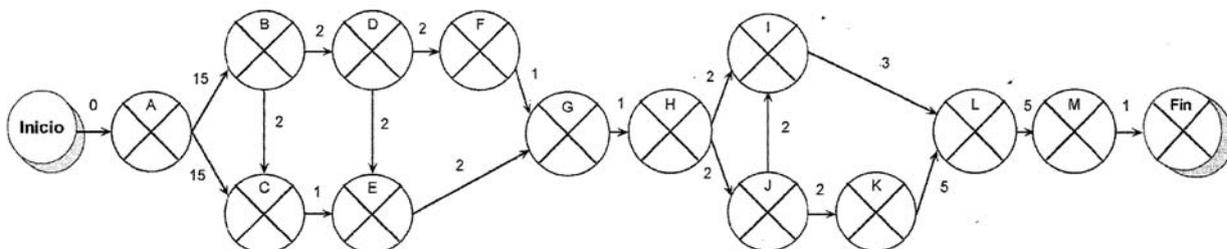


Figura 12.7. Diagrama PERT con inclusión de la duración de las actividades.

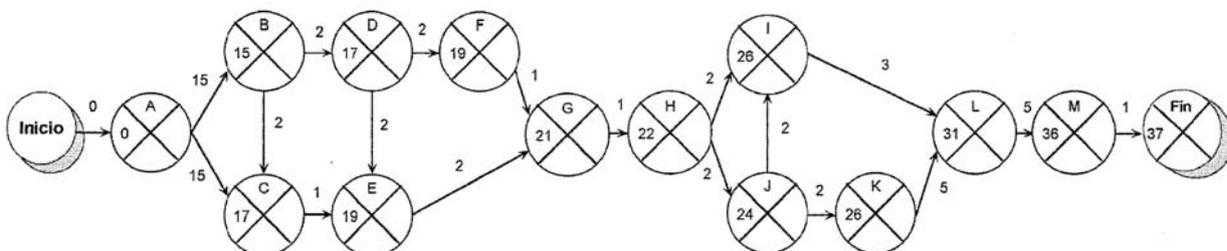


Figura 12.8. Diagrama PERT con inclusión de las fechas mínimas de comienzo de todas las actividades.

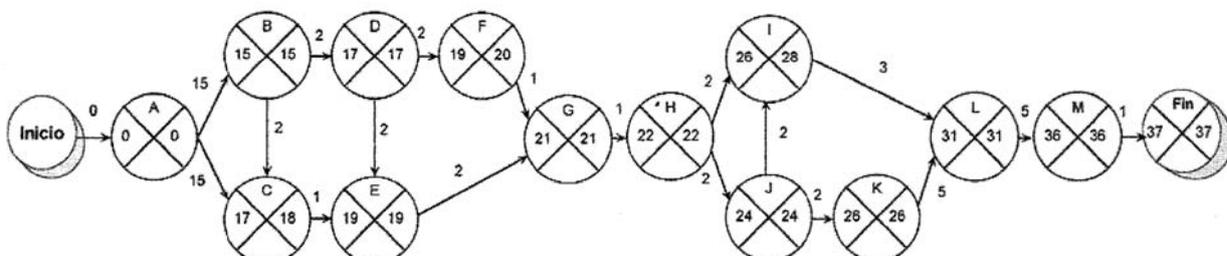


Figura 12.9. Diagrama PERT con inclusión de las fechas máximas de comienzo de todas las actividades.

A continuación, obtendremos las fechas mínimas de comienzo para cada actividad, teniendo en cuenta que en aquellas actividades precedidas de dos o más actividades la fecha mínima de comienzo será la máxima obtenida de entre las fechas mínimas de comienzo de cada actividad anterior sumada con su duración.

$$\text{Fecha mínima de comienzo actividad (n)} = \text{Fecha mínima de comienzo actividad (n-1)} + \text{duración actividad (n-1)}.$$

Por ejemplo, la fecha de mínima de comienzo de la actividad A es cero, pero la de las actividades B y C será 15 días, ya que ésta es la duración de la actividad A.

A la actividad C se puede acceder por 2 rutas la AC y la ABC, en el primer caso, obtendríamos que la fecha mínima de comienzo de la actividad C sería 15 días, mientras que en el segundo caso sería $15+2=17$ días, como para empezar la actividad C tanto la A como la B deben estar finalizadas deberemos seleccionar la duración mayor, por tanto, la fecha mínima de comienzo de la actividad C será de 17 días.

En la figura 12.8 ya se han incluido las fechas de comienzo mínimas de todas las actividades.

A continuación procederemos a la inserción de las fechas máximas de comienzo. Para ello empezaremos desde la actividad final hacia atrás, siendo siempre las fechas máxima y mínima de comienzo de la actividad final coincidentes.

$$\text{Fecha máxima de comienzo actividad (n)} = \text{Fecha máxima de comienzo actividad (n+1)} - \text{duración (n)}.$$

Cuando a una actividad le suceden dos o más actividades tomaremos como actividad (n+ 1) aquella cuya fecha máxima de comienzo sea inferior.

Por ejemplo a la actividad J le suceden las actividades I y K cuyas fechas máximas de comienzo son 28 y 26 días respectivamente, por tanto tomaremos la fecha de la actividad K para determinar la fecha máxima de comienzo de la actividad J.

En la figura 12.9 se muestran las fechas máximas de comienzo de todas las actividades del proyecto.

Por último determinaremos la holgura de cada actividad y el camino crítico del proyecto.

Definiremos holgura de una actividad como el espacio de tiempo que se puede retrasar el inicio de una actividad sin que el proyecto se retrase (manteniendo la duración de la actividad).

Para su obtención restaremos a la fecha máxima de comienzo la fecha mínima.

Definiremos *camino crítico* como el camino o los caminos que partiendo de la actividad *Inicio* llegan a la actividad *Fin* atravesando actividades con holgura cero. Por tanto si una de las actividades del camino crítico se retrasa implicará que todo el proyecto se retrase en la misma proporción.

En la figura 12.10 se muestra la holgura de cada actividad y el camino crítico del proyecto, que es el que atraviesa las actividades:

$$\text{Ini} \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow D \rightarrow E \rightarrow G \rightarrow H \rightarrow J \rightarrow K \rightarrow L \rightarrow M \rightarrow \text{Fin}.$$

Una vez obtenido el PERT de nuestro proyecto disponemos de la información que se muestra en la figura 12.11.

- Duración de la ejecución del proyecto. En la actividad final queda reflejada la duración del proyecto.
- Actividades que determinan el camino crítico y, por tanto, su retraso implica que todo el proyecto se retrasará en la misma medida. Serán actividades a las que se debe prestar una especial atención.
- Holgura en la ejecución de las actividades que no definen el camino crítico. La holgura de estas actividades nos permitirá redistribuir las tareas entre los operarios de forma que no existan tiempos muertos o sobrecargas.

4. Diagramas de Gannt

Como ya se comentó con anterioridad otra herramienta para la planificación de proyectos son los diagramas de Gannt. Mediante estos gráficos podemos visualizar de forma inmediata la temporalidad de cada actividad y en su caso las tareas que debe realizar cada operario.

Por ejemplo, para el proyecto desarrollado en el apartado 12.3 (método **PERT** para la planificación de tiempos), el diagrama de Gannt construido de forma manual sería el que aparece en la figura 12.33, obsérvese que en el eje *x* disponemos la duración temporal del proyecto y en el eje *y* se muestran las actividades que lo componen, si cada actividad la asociamos a su operario correspondiente o en su caso a la máquina, y la coloreamos podemos cotejar con los diagramas de Gannt de otros proyectos que estemos desarrollando para determinar los tiempos muertos de cada operario.

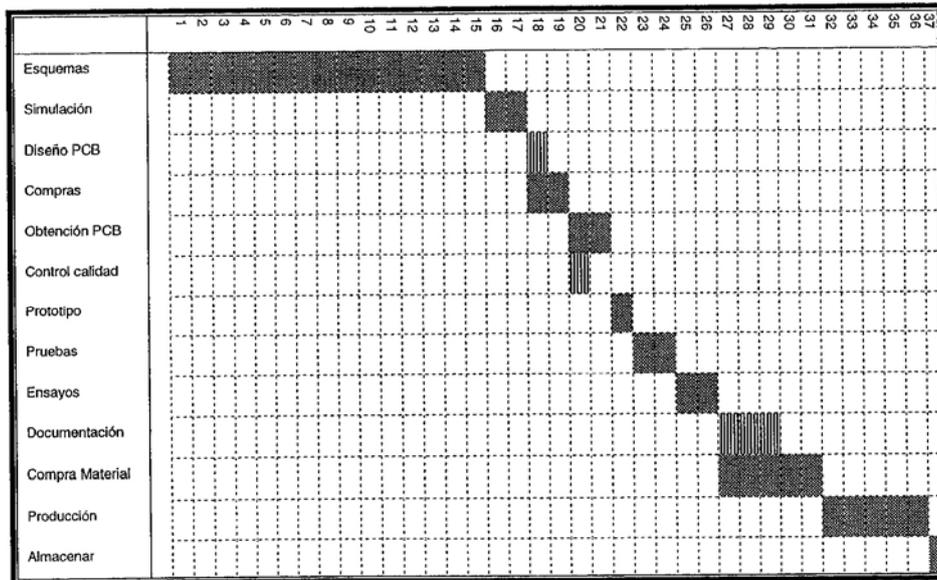


Fig. 12.33 Diagrama de Gannt del proyecto del apartado 3

Obviamente, para proyectos complejos el desarrollo manual de estos diagramas es laborioso, no obstante en la figura 12.34 se muestra el mismo diagrama desarrollado mediante *Microsoft Project* lo que permite la inserción de los vínculos entre las actividades (se puede observar que el programa indica qué actividades deben estar finalizadas para comenzar una nueva actividad).

Imaginemos que la actividad "Control de calidad de materiales" con una duración de un día la realiza un operario que ese día debe realizar otra actividad en otro proyecto, el programa nos permite desplazar la actividad, por ejemplo al lunes siguiente (ya que esta actividad tiene una holgura de **un** día), y el programa nos recalcula la ruta crítica del proyecto (directamente podríamos obtener el **PERT** tiempos), véase la figura 12.35.

Veamos otra aplicación de los diagramas de Gannt. Supongamos que en una empresa se va a realizar la construcción en serie de un importante número de tarjetas de adquisición de datos, pero debido a que se están desarrollando otros proyectos sólo se podrán dedicar como máximo tres operarios a la construcción de toda la serie.

Se ha determinado que cada actividad *la* desarrollará un mismo operario, sabiendo que *las* actividades que hay que desarrollar son las mostradas en la tabla de la figura 12.36, se pide que se determine la posibilidad de desarrollar el proyecto con tres operarios en el *plazo* especificado por la ruta crítica.

ACTIVIDAD	ACTIVIDAD PRECEDENTE	DURACIÓN MEDIA (días)
Inicio		-
A. Adquisición de los materiales.	Inicio	2
B. Control de calidad de los componentes.	A	2
C. Construcción de las tarjetas de circuito impreso de toda la serie.	A	7
D. Construcción mecánica del sistema.	A	2
E. Conexionado de cables y conectores exteriores.	A	1
F. Programación de las memorias EPROM de los microcontroladores.	A	2
G. Montaje componentes y soldadura.	C, B, F	5
H. Implementación de las tarjetas y conectores en los soportes mecánicos.	D, E, G	2
I. Control de calidad y almacenaje.	H	2
Fin	I	-

Figura 12.36. Relación de actividades con su duración estimada y orden de prelación.

El primer paso obviamente sería la construcción del PERT del proyecto, aunque en desarrollos sencillos como el que nos ocupa se puede pasar directamente a determinar el diagrama de Gantt, el cual podemos apreciar en la figura 12.37. A partir de este diagrama podemos obtener el número de actividades que desarrollarán se simultáneamente cada día, para ello basta con mirar en la columna correspondiente al día objeto de estudio y contar las actividades marcadas, esto nos permitirá obtener el gráfico de la figura 12.38 en el que se muestra el número de operarios necesarios cada día.

En la figura 12.38 podemos observar que el tercer día necesitaremos cinco operarios y el cuarto día cuatro, por tanto, no cumpliríamos el objetivo de desarrollar todo el proyecto con tres operarios como máximo.

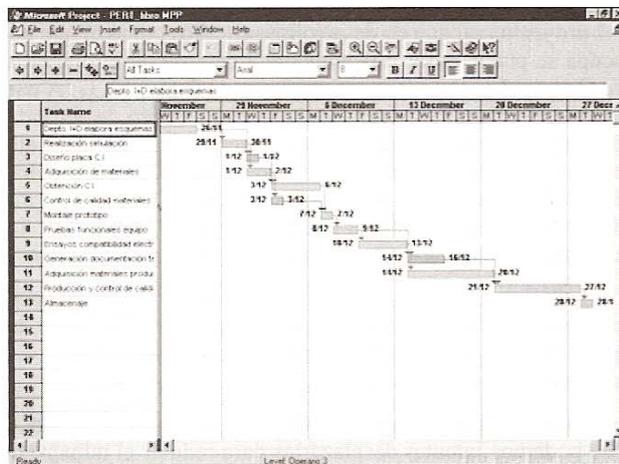


Figura 12.34. Diagrama de Gantt del proyecto del apartado 12.3 desarrollado mediante Microsoft Project.

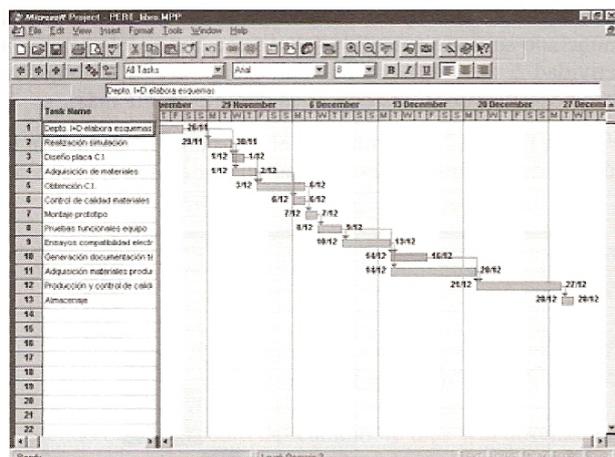


Figura 12.35. Diagrama de Gantt modificado del proyecto del apartado 12.3.

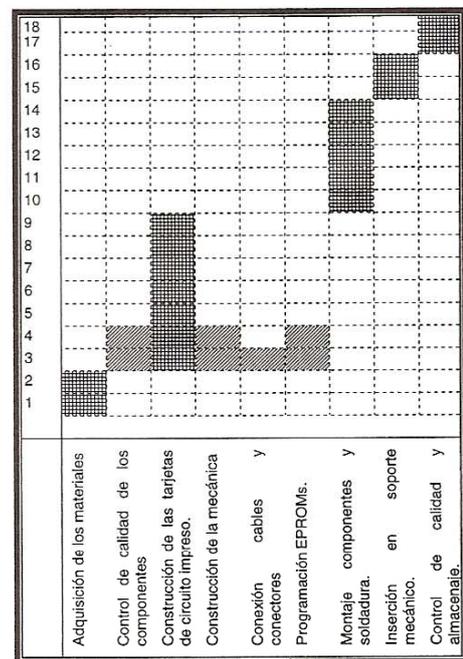


Figura 12.37. Diagrama de Gantt del proyecto de la figura 12.36.

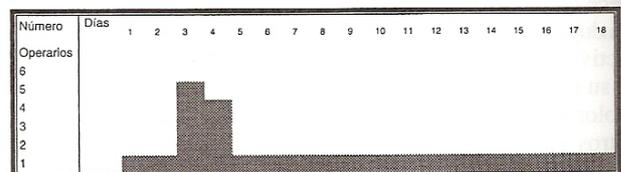


Figura 12.38. Número de operarios necesarios para ejecutar las actividades del proyecto de la figura 12.36.

No obstante existen actividades que tienen holgura por lo que podemos intentar desplazarlas para reducir el número de operarios, en concreto vamos a desplazar las actividades *E* y *F*, ver figura 12.39.

Si desplazamos el comienzo de la actividad *E* al séptimo día y la *F* al quinto obtenemos que sólo durante dos días necesitaremos tres operarios, por tanto, la meta fijada en el enunciado se vería cumplida (obsérvese que si retrasamos la actividad *E* al quinto día también cumpliríamos el objetivo pero necesitaríamos tres operarios durante un día más).

En la figura 12.40 se muestra el diagrama de Gantt con el número de operarios necesarios para llevar a cabo el proyecto.

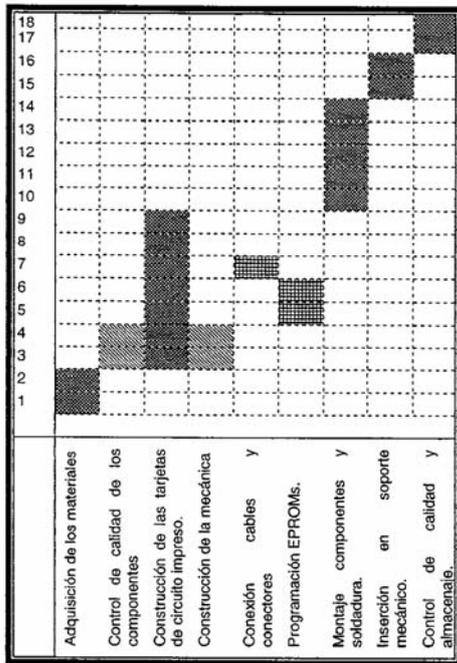


Figura 12.39. Desplazamiento de las actividades E y F para disminuir el número de operarios.

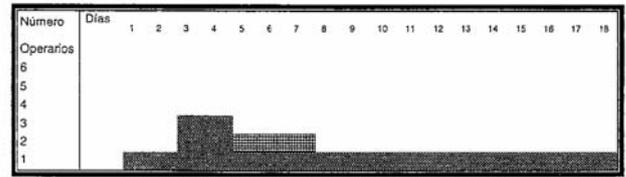


Figura 12.40. Número de operarios necesarios una vez desplazadas las actividades E y F.